

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
25 août 2005 (25.08.2005)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2005/077857 A2

(51) Classification internationale des brevets⁷ : C04B 28/02

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2005/000334

(22) Date de dépôt international :
11 février 2005 (11.02.2005)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
0401492 13 février 2004 (13.02.2004) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) :
EIFFAGE TP [FR/FR]; 2, rue Hélène Boucher, F-93330
Neuilly-sur-Marne (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : CHANUT,
Sandrine [FR/FR]; 202, boulevard Voltaire, F-75011 Paris
(FR). THIBAUX, Thierry [FR/FR]; 16, rue de Beauté,
F-94130 Nogent-sur-Marne (FR).

(74) Mandataires : TOUATI, Catherine etc.; Cabinet Plasser-
aud, 65/67, rue de la Victoire, F-75440 Paris Cedex 9 (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de
protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AT,
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO,
CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB,
GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG,
KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG,
MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH,
PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH,
GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM,
ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM),
européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI,
FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO,
SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN,
GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Déclaration en vertu de la règle 4.17 :

— relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17.iv)) pour US
seulement

Publiée :

— sans rapport de recherche internationale, sera republiée
dès réception de ce rapport

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: ULTRA-HIGH-PERFORMANCE, SELF-COMPACTING CONCRETE, PREPARATION METHOD THEREOF AND
USE OF SAME

(54) Titre : BETON ULTRA HAUTE PERFORMANCE ET AUTOPLACANT, SON PROCÉDE DE PREPARATION ET SON
UTILISATION

(57) Abstract: The invention relates to an ultra-high-performance, self-compacting light-coloured concrete comprising: a cement; a mixture of calcined bauxite sands of different grain sizes, the finest sand having an average grain size of less than 1 mm and the thickest sand having an average grain size of less than 10 mm; optionally silica fume, whereby 90 % of the particles thereof have a size of less than 1 µm and the average diameter is approximately 0.5 µm, said silica fume representing at most 15 parts by weight per 100 parts of cement; an antifoaming agent; water-reducing superplasticiser; optionally fibres; and water. The inventive concrete also comprises: ultrafine calcium carbonate particles having a specific surface area that is equal to or greater than 10 m²/g and a form factor (IF) that is equal to or greater than 0.3 and, preferably, equal to or greater than 0.4. The grain size distribution of the cements, sands, ultrafine calcium carbonate particles and silica fume is such that at least three, and at most five, different grain size ranges are present, the ratio between the average diameter of one grain size range and that of the range immediately above is approximately 10. The invention also relates to the method of preparing one such concrete and to the uses thereof.

(57) Abrégé : La présente invention concerne un béton ultra haute performance et autoplaçant, de teinte claire, comprenant : - un ciment, - un mélange de sables de bauxites calcinées de différentes granulométries, le sable le plus fin ayant une granulométrie moyenne inférieure à 1 mm et le sable le plus grossier ayant une granulométrie moyenne inférieure à 10 mm, - éventuellement de la fumée de silice dont 90% des particules ont une dimension inférieure à 1 µm, le diamètre moyen étant d'environ 0,5 µm, la fumée de silice représentant au plus (15) parties en poids pour 100 parties du ciment, - un agent anti-mousse, - un superplastifiant réducteur d'eau, - éventuellement des fibres, et - de l'eau, et en outre des particules ultrafines de carbonate de calcium présentant une surface spécifique égale ou supérieure à 10 m²/g, ainsi qu'un indice de forme IF égal ou supérieur à (0,3), de préférence égal ou supérieur à (0,4), et les ciments, les sables, les particules ultrafines de carbonate de calcium et la fumée de Silice présentant une répartition granulométrique telle que l'on ait au moins trois et au plus cinq classes granulométriques différents, le rapport entre le diamètre moyen d'une classe granulométrique et celui de la classe immédiatement supérieure étant d'environ (10). La présente invention concerne également le procédé de préparation et les utilisations d'un tel béton.



WO 2005/077857 A2



En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

**Béton ultra haute performance et autoplaçant,
son procédé de préparation et son utilisation**

La présente invention a pour objet un béton ultra haute performance et autoplaçant non traité thermiquement ainsi que le procédé de préparation et les utilisations de ce béton.

Dans la présente invention, on entend par « béton » un corps de matrice cimentaire pouvant, selon les ouvrages à réaliser, inclure des fibres, et étant obtenu par durcissement d'une composition cimentaire mélangée à l'eau.

Dans la présente invention, on entend par « béton ultra haute performance » un béton présentant une résistance caractéristique à la compression à 28 jours égale ou supérieure à 150 MPa, cette valeur étant donnée pour un béton conservé et maintenu à 20°C, qui n'a pas subi de cure ou de traitement thermique.

Dans la présente invention, on entend par « béton autoplaçant » un béton très fluide homogène et stable, se mettant en œuvre sans vibration.

Des bétons très haute performance sont connus de l'homme du métier.

Ainsi, la demande de brevet européen EP 0 934 915 A1 décrit un béton très haute performance et autonivelant, contenant notamment du ciment, un mélange de sables de bauxites calcinées de différentes granulométries, de la fumée de silice, des adjuvants tels qu'un agent anti-mousse et un agent superplastifiant réducteur d'eau, éventuellement des fibres et de l'eau. De tels bétons présentent des propriétés mécaniques élevées, en particulier une résistance caractéristique à la compression à 28 jours d'au moins 150 MPa, un module d'élasticité à 28 jours d'au moins 60 GPa, et une résistance à la compression à 50 heures d'au moins 100 MPa, ces valeurs étant données pour un béton conservé et maintenu à 20°C.

Cependant, malgré des performances intéressantes en terme de propriétés mécaniques, ces bétons présentent une teinte généralement grise, liée à la présence de fumée de silice dans leur composition. Or, une teinte grise n'est pas toujours souhaitable, notamment dans certaines applications comme par exemple les bétons architectoniques pour lesquels une teinte claire, voire quasi blanche, est souhaitée.

Il subsiste donc à l'heure actuelle le besoin de disposer de bétons de teinte claire, qui présentent également de bonnes propriétés mécaniques.

La demanderesse a réussi à développer un béton ultra haute performance de teinte claire en remplaçant la fumée de silice par des particules ultrafines de carbonate de calcium ayant une surface spécifique d'au moins 10 m²/g et un indice de forme IF d'au moins 0,3, de préférence 0,4.

Par « indice de forme » IF d'un ensemble de particules, on entend, au sens de la présente invention, le rapport de la somme des épaisseurs $\sum E$ des particules (E étant l'épaisseur d'une particule) sur la somme des longueurs $\sum L$ de ces même particules (L étant la longueur d'une particule), dans un échantillon de plusieurs centaines de
5 particules. L'indice de forme IF est défini par la relation $IF = \sum E / \sum L$.

Etant donné que le diamètre moyen des particules ultra-fines de carbonate de calcium est de l'ordre 70 nm, le coefficient de forme sera déterminé à partir de l'observation des particules et de la mesure de leurs dimensions à l'aide d'un microscope électronique à balayage (MEB) à effet de champ. On procède de la manière
10 suivante :

- prélèvement dans un lot de fabrication de particules ultrafines de carbonate de calcium d'échantillons comprenant environ une centaine de particules chacun,
- préparation des échantillons pour une observation au MEB par métallisation des particules puis fixation des particules métallisées au porte-échantillons,
- 15 - observation au MEB des échantillons,
- mesure de la plus petite et de la plus grande dimension de chaque grain à l'aide de la platine porte-objet, la plus petite dimension constituant l'épaisseur E de la particule, et la plus grande dimension constituant la longueur L de cette particule, et calcul de l'indice de forme IF pour chaque échantillon,
- 20 - calcul de la moyenne de l'indice de forme sur l'ensemble des échantillons examinés.

L'indice de forme IF d'un ensemble de particules sphériques est égal à 1, et celui d'un ensemble de particules cubiques est d'environ de l'ordre de 0,58.

Le "diamètre" moyen d'un grain désigne le diamètre de la plus petite sphère dans
25 laquelle ledit grain peut être inclus.

La présente invention a donc pour objet un béton ultra haute performance et autoplaçant comprenant :

- un ciment,
- un mélange de sables de bauxites calcinées de différentes granulométries, le
30 sable le plus fin ayant une granulométrie moyenne inférieure à 1 mm et le sable le plus grossier ayant une granulométrie moyenne inférieure à 10 mm,
- de la fumée de silice dont 90 % des particules ont un diamètre inférieur à 1 μ m, le diamètre moyen étant d'environ 0,5 μ m,
- un agent anti-mousse,
- 35 - un superplastifiant réducteur d'eau,
- éventuellement des fibres, et
- de l'eau,

caractérisé en ce que la fumée de silice représente au plus 15 parties en poids par rapport à 100 parties en poids de ciment,

en ce qu'il comprend en outre des particules ultrafines de carbonate de calcium présentant une surface spécifique égale ou supérieure à $10\text{m}^2/\text{g}$, de préférence égale ou supérieure à $15\text{m}^2/\text{g}$, et mieux de l'ordre de $20\text{m}^2/\text{g}$, ainsi qu'un indice de forme IF égal ou supérieur à 0,3, de préférence égal ou supérieur à 0,4,

et également caractérisé en ce que les ciments, les sables, les particules ultrafines de carbonate de calcium et la fumée de Silice présentent une répartition granulométrique telle que l'on ait au moins trois et au plus cinq classes granulométriques différents, le rapport entre le diamètre moyen d'une classe granulométrique et celui de la classe immédiatement supérieure étant d'environ 10.

Le degré de clarté du béton selon l'invention est fonction de la proportion de particules ultrafines de carbonate de calcium par rapport à la fumée de silice dans le béton. Le rapport, en poids, de la quantité de particules ultrafines de carbonate de calcium dans le béton à la quantité de fumée de silice peut varier de 1 : 99 à 99 : 1, et de préférence de 50 : 50 à 99 : 1.

Si l'on souhaite un béton ultra haute performance de teinte très claire, voire quasi-blanche, il est possible de remplacer complètement la fumée de silice par les particules ultrafines de carbonate de calcium.

L'invention a donc également pour objet un béton ultra haute performance et autoplaçant, dans lequel la fumée de silice a été complètement remplacée par des particules ultrafines de carbonate de calcium. Un tel béton comprend :

- un ciment,

- un mélange de sables de bauxites calcinées de différentes granulométries, le sable le plus fin ayant une granulométrie moyenne inférieure à 1 mm et le sable le plus grossier ayant une granulométrie moyenne inférieure à 10 mm,

- des particules ultrafines de carbonate de calcium, présentant une surface spécifique égale ou supérieure à $10\text{m}^2/\text{g}$, de préférence égale ou supérieure à $15\text{m}^2/\text{g}$, et mieux de l'ordre de $20\text{m}^2/\text{g}$, ainsi qu'un indice de forme IF égal ou supérieur à 0,3, de préférence égal ou supérieur à 0,4,

- un agent anti-mousse,

- un superplastifiant réducteur d'eau,

- éventuellement des fibres,

- et de l'eau,

les ciments, les sables, les particules ultrafines de carbonate de calcium présentant une répartition granulométrique telle que l'on ait au moins trois et au plus cinq classes

granulométriques différentes, le rapport entre le diamètre moyen d'une classe granulométrique et celui de la classe immédiatement supérieure étant d'environ 10.

Comme particules ultrafines de carbonate de calcium, on utilise de préférence des particules ultrafines de carbonate de calcium cristallisé sous forme de petits cubes. Cette
5 forme contribue à rendre le béton très fluide à l'état frais, ces particules de carbonate de calcium pouvant s'insérer facilement entre les grains de ciment et les grains de sable.

Le ciment mis en œuvre dans la présente invention est de préférence un ciment blanc. Il peut être choisi parmi les ciments de type Portland CEM 1, ayant des caractéristiques complémentaires telles que « Prise mer-PM » ou encore mieux « Prise
10 mer et résistant aux sulfates- PM-ES » ou leurs mélanges.

Par « ciment blanc », on entend au sens de la présente invention un ciment de teinte essentiellement blanche, dont la composition comprend des matières premières très pures telles que le calcaire et le kaolin, et qui est essentiellement exempt de toutes traces d'oxyde de fer.

A titre d'exemple de ciment blanc utilisable dans le béton de l'invention, on peut citer le ciment blanc CPA 52,5 du Teil commercialisé par LAFARGE.

Par "mélange de sables de bauxites calcinées", on entend, au sens de la présente invention, non seulement un mélange de sables de bauxites calcinées de différentes granulométries, mais également un mélange comprenant du sable de bauxite calcinée
20 avec des granulats présentant de très grandes résistance et dureté tels que, notamment des granulats de corindon, d'émeri ou des résidus de métallurgie tels que du carbure de silicium, ou bien avec un autre type de sable, et de préférence un sable calcaire car il présente une teinte claire.

Dans la présente invention on utilise de préférence un mélange de deux ou trois
25 sables de bauxite calcinée de différentes granulométries.

Selon un mode de réalisation particulier de l'invention, ce mélange de sables est constitué par :

- un sable de granulométrie moyenne inférieure à 1 mm comprenant 20 % de granulats de dimension inférieure à 80 microns,

- un sable de granulométrie comprise entre 3 et 7 mm, et

- éventuellement un sable de granulométrie comprise entre 1 et 3 mm.

Le sable de plus petite granulométrie peut être remplacé en totalité ou partiellement par :

- du ciment, des additions minérales telles que du laitier broyé, des cendres
35 volantes ou encore du filler de bauxite calcinée dont le diamètre moyen est voisin de celui du ciment, pour ce qui est de la fraction de 20 % de granulats de dimension inférieure à 80 µm, et

- du sable de granulométrie supérieure à 1 mm (par exemple 3 à 7 mm) pour ce qui est de l'autre fraction.

Lorsque le béton, selon l'invention comprend de la fumée de silice (en mélange avec des particules ultrafines de carbonate de calcium), la fumée de silice peut être densifiée ou non densifiée, c'est à dire qu'elle présente une densité comprise entre 200 et 600 kg/m³. Cette fumée de silice doit comporter une fois dispersée dans le béton au moins 40 % de particules de dimension inférieure à un micron, la dimension des particules restantes étant inférieure à 20 µm.

De façon à éviter l'inclusion de bulles d'air qui diminueraient la résistance du béton, on utilise un agent anti-mousse utilisé classiquement pour les forages pétroliers, c'est-à-dire dans des applications nécessitant un réglage très précis de la densité du matériau coulé. Ces agents anti-mousses sont appelés « defoamer and deaerator admixtures ». Ces agents se présentent sous forme sèche ou sous forme liquide. A titre d'exemple d'agents anti-mousse utilisables dans le béton selon l'invention, on peut citer notamment les mélanges d'alcool dodécylique et de polypropylène glycol, les dibutylphtalates, les dibutylphosphates, les polymères de silicone tels que le polydiméthylsiloxane, et les silicates modifiés.

Selon un mode de réalisation particulier de l'invention, on utilise comme agent anti-mousse un silicate traité avec un glycol polymérisé commercialisé par la Société TROY CHEMICAL CORPORATION sous la marque TROYKYD® D126.

Comme superplastifiant réducteur d'eau, on utilise de préférence un superplastifiant réducteur d'eau de type éther polycarboxylique modifié, tel que le GLENIUM® 51 commercialisé par la Société MBT France, ou un superplastifiant réducteur d'eau de type copolymère acrylique vinylique de synthèse tel que le superplastifiant VISCOCRETE 5400F commercialisé par la Société SIKA France, ou encore un superplastifiant réducteur d'eau sous forme de solution aqueuse de polycarboxylates modifiés tel que le VISCOCRETE 20HE, également commercialisé par la société SIKA France.

A titre complémentaire, lorsque la teneur globale en alcalins dans le béton est trop élevée (si la nature des granulats ou encore la quantité de fumée de silice est supérieure à 10 % de la masse du ciment), il est possible de la réduire, par exemple en neutralisant les alcalins qui sont contenus dans les fluidifiants. La neutralisation des fluidifiants pourra être choisie à base calcique plutôt que sodique.

Pour augmenter les caractéristiques du béton selon l'invention, dans certains ouvrages, des fibres sont incorporées dans le béton. Ces fibres peuvent être synthétiques organiques, minérales ou métalliques. Elle peuvent notamment être choisies parmi les

fibres en homopolymère ou copolymère de polyéthylène, polypropylène, polyamide, polyvinylalcool, les fibres de carbone, de Kevlar®, et les fibres en acier.

Ces fibres peuvent avoir des formes quelconques. Cependant afin d'obtenir une bonne maniabilité du béton, on préfère utiliser des fibres droites.

- 5 Ces fibres ont un diamètre compris entre 0,1 et 1,0 mm, de préférence entre 0,2 et 0,5 mm, et plus préférentiellement encore de l'ordre de 0,3 mm, et une longueur comprise entre 5 et 30 mm, de préférence entre 10 et 25 mm, et plus préférentiellement encore de l'ordre de 10 et 20 mm.

- 10 Lorsque l'on introduit des fibres, la matrice granulaire est modifiée. En effet, les fibres devant être enrobées, il est donc nécessaire que la quantité des fines, c'est-à-dire des particules de dimension inférieure à 0,1 mm, augmente. La quantité de particules ultrafines de carbonate de calcium, et le cas échéant de fumées de silice, de ciment, de sable de plus petite granulométrie et/ou d'additions minérales est donc supérieure à celle d'un béton sans fibres. En outre, des essais ont montré que l'on obtenait de
15 meilleurs résultats en terme de résistance à la traction avec une quantité de fibres représentant environ 2 à 3 % du volume, soit environ 15 à 24 parties en poids par rapport au poids total du béton.

Ainsi, selon un mode de réalisation avantageux de l'invention, le béton comprend, en parties en poids :

- 20 - 100 de ciment,
 - 50 à 200 de mélanges de sables de bauxites calcinées, de différentes granulométries, le sable le plus fin ayant une granulométrie moyenne inférieure à 1 mm, et le sable le plus grossier ayant une granulométrie moyenne inférieure à 10 mm ;
 - 5 à 25 de particules ultrafines de carbonate de calcium et de fumée de silice, la
25 fumée de silice représentant au plus 15 parties en poids;
 - 0,1 à 10 d'agent anti-mousse ;
 - 0,1 à 10 de superplastifiant réducteur d'eau ;
 - 15 à 24 de fibres ; et
 - 10 à 30 d'eau.

- 30 Le rapport, en poids, de la quantité de particules ultrafines de carbonate de calcium dans le béton à la quantité de fumée de silice pouvant varier de 1 : 99 à 99 : 1, et de préférence de 50 : 50 à 99 : 1.

- Si l'on souhaite obtenir un béton de teinte claire, tout en conservant une résistance caractéristique à la compression à 28 jours élevée, les meilleurs résultats sont obtenus
35 avec un béton selon l'invention complètement exempt de fumée de silice, qui comprend, en parties en poids :

- 100 de ciment,

- 80 à 150, de préférence 100 à 125 de mélanges de sables de bauxites calcinées, de différentes granulométries, le sable le plus fin ayant une granulométrie moyenne inférieure à 1 mm, et le sable le plus grossier ayant une granulométrie moyenne inférieure à 10 mm ;

- 5 - 10 à 20, de préférence 13 à 17 de particules ultrafines de carbonate de calcium ;
- 0,2 à 5, de préférence 0,5 à 0,7 d'agent anti-mousse ;
- 5 à 7 de superplastifiant réducteur d'eau ;
- 17 à 20 de fibres ; et
- 10 à 20, de préférence 16 à 20 d'eau.

10 Par ailleurs, on peut ajouter dans la composition de béton selon l'invention de 0,5 à 3 parties, de préférence de 0,5 à 2 parties, et plus préférentiellement encore 1 partie d'oxyde de calcium ou de sulfate de calcium. L'oxyde de calcium ou le sulfate de calcium est ajouté sous forme pulvérulente ou micronisée et doit permettre de compenser le retrait endogène inhérent aux formulations à base de liants hydrauliques
15 associées à de très faibles quantités d'eau. Il est également possible d'utiliser des fillers de bauxite calcinée (dont le diamètre moyen est inférieure à 80 μm) en substitution partielle du ciment, des particules ultrafines de carbonate de calcium et, le cas échéant, et de la fumée de silice.

De plus, on peut également ajouter dans la composition de béton selon l'invention
20 de $0,3 \cdot 10^{-3}$ à $1,15 \cdot 10^{-3}$ parties en poids par rapport au poids total du béton hors fibres de renforcement, de fibres polypropylène pour améliorer la résistance au feu du béton selon l'invention.

Les quantités des différents constituants du béton sont ajustables par l'homme du métier en fonction de l'utilisation et des propriétés souhaitées du béton.

25 Plus la proportion dans le béton de particules ultrafines de carbonate de calcium par rapport à la fumée de silice est importante, plus la teinte de ce béton est claire. Ainsi, dans le cas d'une substitution complète de la fumée de silice par les particules ultrafines de calcaire, et de l'utilisation d'un ciment blanc, on obtient alors un béton de teinte quasi blanche. Par contre, si l'on ne souhaite pas obtenir un béton très lumineux,
30 de teinte vraiment blanche, il n'est pas nécessaire de substituer complètement la fumée de silice par les particules ultrafines calcaires. Dans ce cas, le béton présente une résistance caractéristique à la compression à 28 jours plus élevée que celle d'un béton ne comprenant pas de fumée de silice.

L'invention a également pour objet un procédé de préparation du béton.

35 Selon un premier mode de réalisation de l'invention, on introduit dans un malaxeur tous les constituants du béton selon l'invention, on malaxe et on obtient un béton prêt à mouler ou à couler qui présente une très bonne maniabilité.

Selon un autre mode de réalisation, on mélange tout d'abord toutes les matières granulaires sèches, c'est-à-dire le ciment, les sables, les particules ultrafines calcaires et, le cas échéant, la fumée de silice, et éventuellement le superplastifiant et l'agent anti-mousse puis, on introduit dans un malaxeur ce prémélange auquel on ajoute l'eau, le superplastifiant et l'agent anti-mousse, si ceux-ci sont sous forme liquide, et les fibres si besoin est.

De façon préférée, on prépare tout d'abord le mélange des poudres, puis, au moment de l'utilisation, on malaxe les poudres avec les quantités souhaitées de fibres et d'eau, éventuellement de superplastifiant réducteur d'eau, et d'agent anti-mousse dans la mesure où ceux-ci sont sous forme liquide. Ainsi, de façon avantageuse, on prépare des sacs ou autre types d'emballage (par exemple "big bag") de produit prémélangé à sec prêt à l'emploi, qui se conservent et se stockent facilement étant donné qu'ils ont une très faible teneur en eau. Au moment de l'utilisation il suffit donc de verser dans un malaxeur ce produit prémélangé prêt à l'emploi avec les quantités souhaitées de fibres et d'eau, et éventuellement de superplastifiant réducteur d'eau. Après malaxage, par exemple pendant 4 à 16 minutes, le béton selon l'invention obtenu peut être moulé sans difficulté, étant donné ses très hautes performances d'étalement.

Pour réaliser le moulage, on peut utiliser des moules classiques, en bois, métal, etc., ou des moules calorifugés qui ont pour seul but de permettre une diminution du temps de prise et une montée plus rapide en résistance. Le béton selon l'invention n'a nullement besoin de subir un traitement thermique pour atteindre les performances requises. Bien entendu, un traitement thermique pourrait être envisagé pour améliorer encore les performances mais ceci entraînerait un surcoût.

La présente invention porte également sur les produits prémélangés à sec prêts à l'emploi.

Le béton selon l'invention peut être utilisé dans tous les domaines d'application des bétons armés ou non.

Plus particulièrement, compte tenu du fait que ce béton est autoplaçant, il peut être coulé en place pour la réalisation de poteaux, poutrelles, poutres, planchers, etc. Il peut également être utilisé dans toutes les applications de préfabrication. Compte tenu de ses caractéristiques de cohésion et de viscosité, il peut être utilisé pour des coffrages comprenant des inserts. Il peut également être utilisé pour réaliser des clavages entre les éléments de structure. Il peut en outre être utilisé pour la réalisation de dallages, d'ouvrages d'art, de pièces précontraintes ou de matériaux composites.

Par ailleurs, sa résistance à la compression élevée permet une diminution du dimensionnement d'ouvrages le mettant en œuvre. Ainsi, le béton selon l'invention serait particulièrement utile par exemple pour tous les éléments, fûts, tubes, containers,

utilisés pour l'assainissement. Il présente également un très faible coefficient de frottement qui n'est pas modifié au cours du temps ce qui le rend tout à fait approprié au transport de matières classiquement corrosives pour le béton.

Enfin, les bétons selon l'invention présentant une teneur réduite, voire nulle en fumée de silice peuvent être utilisés dans toutes les applications architectoniques, en raison de leur teinte claire qui est particulièrement recherchée pour de telles applications, et de leurs bonnes propriétés mécaniques, notamment une résistance à la compression élevée.

La présente invention va être expliquée plus en détail à l'aide de l'exemple unique suivant, qui n'est pas limitatif. Les quantités sont indiquées en parties en poids sauf indication contraire.

EXEMPLE

On a préparé une formulation de béton selon l'invention, dont la composition est reprise dans le tableau 1.

Matières premières

- le ciment utilisé est un ciment blanc CPA 52,5 blanc le Teil commercialisé par Lafarge ;
- le mélange de sables de bauxites utilisé est un mélange d'un sable de bauxite granulométrie inférieure à 1mm, et d'un sable de bauxite de granulométrie comprise entre 3 et 7 mm ;
- les particules ultrafines de carbonate de calcium sont des additions ultrafines de carbonate de calcium synthétique cristallisé sous la forme de cubes et commercialisé par SOLVAY sous la marque SOCAL® 31 ;
- les fibres utilisées sont des fibres droites en acier, de 0,3 mm de diamètre et 20 mm de longueur ;
- le superplastifiant réducteur d'eau est commercialisé par la Société SIKA France sous la dénomination commerciale VISCOCRETE 5400 F ;
- l'agent antimousse utilisé est un agent antimousse commercialisé par la société TROY sous la marque TROYKYD® D 126.
- l'eau de gâchage est présente en une quantité telle que le ratio eau/ciment E/C est fixé à 0,225.

TABLEAU 1

MATIERES PREMIERES	QUANTITE
Ciment	1015
Particules ultrafines de carbonate de calcium	152
Sable de bauxite calcinée de granulométrie moyenne inférieure à 1 mm	775
Sable de bauxite calcinée de granulométrie comprise entre 3 et 7 mm	373
Fibres métalliques	197
Superplastifiant réducteur d'eau	63,8
Agent antimousse	6
Eau	184

5 Avec cette formulation, on a préparé des éprouvettes cylindriques de 11×22 cm sur lesquelles on a réalisé des essais normalisés de mesure de la résistance à la compression à 28 jours selon la norme NFP 18406.

On obtient un béton de teinte très claire, qui présente une résistance moyenne à la compression d'au moins 165 MPa et une résistance caractéristique à la compression à 28 jours d'au moins 150 MPa.

REVENDICATIONS

1. Béton très haute performance et autoplaçant comprenant :
- un ciment,
 - 5 - un mélange de sables de bauxites calcinées de différentes granulométries, le sable le plus fin ayant une granulométrie moyenne inférieure à 1 mm et le sable le plus grossier ayant une granulométrie moyenne inférieure à 10 mm,
 - de la fumée de silice dont 90 % des particules ont une dimension inférieure à 1 μm , le diamètre moyen étant d'environ 0,5 μm ,
 - 10 - un agent anti-mousse,
 - un superplastifiant réducteur d'eau,
 - éventuellement des fibres, et
 - de l'eau,
- caractérisé en ce que la fumée de silice représente au plus 15 parties en poids pour
- 15 100 parties en poids de ciment,
- en ce qu'il comprend en outre des particules ultrafines de carbonate de calcium présentant une surface spécifique égale ou supérieure à 10 m²/g, de préférence égale ou supérieure à 15 m²/g, et mieux de l'ordre de 20 m²/g, ainsi qu'un indice de forme IF égal ou supérieur à 0,3, de préférence égal ou supérieur à 0,4,
- 20 et également caractérisé en ce que les ciments, les sables, les particules ultrafines de carbonate de calcium et la fumée de Silice présentent une répartition granulométrique telle que l'on ait au moins trois et au plus cinq classes granulométriques différents, le rapport entre le diamètre moyen d'une classe granulométrique et celui de la classe immédiatement supérieure étant d'environ 10.
- 25 2. Béton selon la revendication 1, caractérisé en ce que le rapport, en poids, de la quantité de particules ultrafines de carbonate de calcium dans le béton à la quantité de fumée de silice varie de 1 : 99 à 99 : 1, et de préférence de 50 : 50 à 99 : 1.
3. Béton très haute performance et autoplaçant comprenant :
- un ciment,
 - 30 - un mélange de sables de bauxites calcinées de différentes granulométries, le sable le plus fin ayant une granulométrie moyenne inférieure à 1 mm et le sable le plus grossier ayant une granulométrie moyenne inférieure à 10 mm,
 - des particules ultrafines de carbonate de calcium, présentant une surface spécifique égale ou supérieure à 10 m²/g, de préférence égale ou supérieure à 15 m²/g,
 - 35 et mieux de l'ordre de 20 m²/g, ainsi qu'un indice de forme IF égal ou supérieur à 0,3, de préférence égal ou supérieur à 0,4,
 - un agent anti-mousse,

- un superplastifiant réducteur d'eau,
- éventuellement des fibres,
- et de l'eau,

5 les ciments, les sables, les particules ultrafines de carbonate de calcium présentant une répartition granulométrique telle que l'on ait au moins trois et au plus cinq classes granulométriques différentes, le rapport entre le diamètre moyen d'une classe granulométrique et celui de la classe immédiatement supérieure étant d'environ 10.

4. Béton selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les particules ultrafines de carbonate de calcium sont des additions ultrafines de
10 carbonate de calcium cristallisé sous forme de petits cubes.

5. Béton selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le ciment est un ciment blanc.

6. Béton selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le mélange de sables de bauxites calcinées est constitué par :

15 - un sable de granulométrie moyenne inférieure à 1 mm comprenant 20 % de granulats de dimension inférieure à 80 microns,

- un sable de granulométrie comprise entre 3 et 7 mm, et

- éventuellement un sable de granulométrie comprise entre 1 et 3 mm,

le sable de plus petite granulométrie pouvant être remplacé en totalité ou partiellement
20 par :

- du ciment, des additions minérales telles que du laitier broyé, des cendres volantes ou du filler de bauxite calcinée dont le diamètre moyen est inférieur à 80 µm, pour ce qui est de la fraction de 20 % des granulats de dimension inférieure à 80 µm,

25 - et du sable de granulométrie supérieure à 1 mm, pour ce qui est de l'autre fraction.

7. Béton selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé par le fait que les fibres sont choisies parmi les fibres métalliques, synthétiques, organiques ou minérales et leurs mélanges, de préférence parmi les fibres en homopolymère ou copolymère de polyéthylène, polypropylène, polyamide, polyvinylalcool, les fibres de
30 carbone, de Kevlar®, et les fibres en acier.

8. Béton selon la revendication 7, caractérisé par le fait que les fibres sont des fibres métalliques, de préférence en acier, de longueur comprise entre 5 et 30 mm, de préférence entre 10 et 25 mm, et plus préférentiellement encore de l'ordre de 20 mm, et de diamètre compris entre 0,1 et 1,0 mm, de préférence entre 0,2 et 0,5 mm, et plus
35 préférentiellement encore de l'ordre de 0,3 mm.

9. Béton selon l'une quelconque des revendications 3 à 8, caractérisé par le fait qu'il comprend, en parties en poids :

- 100 de ciment,
 - 50 à 200 de mélanges de sables de bauxites calcinées, de différentes granulométries, le sable le plus fin ayant une granulométrie moyenne inférieure à 1 mm, et le sable le plus grossier ayant une granulométrie moyenne inférieure à 10 mm ;
 - 5 - 5 à 25 de particules ultrafines de carbonate de calcium et de fumée de silice, la fumée de silice représentant au plus 15 parties en poids ;
 - 0,1 à 10 d'agent anti-mousse ;
 - 0,1 à 10 de superplastifiant réducteur d'eau ;
 - 15 à 24 de fibres ; et
 - 10 - 10 à 30 d'eau.
10. Béton selon la revendication 9, caractérisé par le fait qu'il comprend, en parties en poids :
- 100 de ciment,
 - 80 à 150, de préférence 100 à 125 de mélanges de sables de bauxites calcinées,
 - 15 de différentes granulométries, le sable le plus fin ayant une granulométrie moyenne inférieure à 1 mm, et le sable le plus grossier ayant une granulométrie moyenne inférieure à 10 mm ;
 - 10 à 20, de préférence 13 à 17 de particules ultrafines de carbonate de calcium ;
 - 0,2 à 5, de préférence 0,5 à 0,7 d'agent anti-mousse ;
 - 20 - 5 à 7 de superplastifiant réducteur d'eau ;
 - 17 à 20 de fibres ; et
 - 10 à 20, de préférence 16 à 20 d'eau.
11. Béton selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il présente une résistance caractéristique à la compression d'au moins 150 MPa.
- 25 12. Procédé de préparation d'un béton de fibres selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, caractérisé par le fait que l'on malaxe tous les constituants du béton jusqu'à l'obtention d'un béton de fluidité souhaitée ou que l'on mélange tout d'abord les constituants granulaires secs, tels que le ciment, les sables, les particules ultrafines de carbonate de calcium, la fumée de silice et éventuellement le
- 30 superplastifiant et l'agent anti-mousse, puis que l'on ajoute à ce mélange l'eau, et éventuellement le superplastifiant et l'agent anti-mousse si ceux-ci sont sous forme liquide, et éventuellement les fibres, et que l'on malaxe jusqu'à l'obtention d'un béton ayant la fluidité souhaitée.
- 35 13. Mélange à sec de béton prêt à l'emploi permettant d'obtenir, après ajout d'eau et éventuellement de fibres ainsi que de superplastifiant réducteur d'eau et d'agent anti-mousse si ceux-ci sont sous forme liquide, un béton selon l'une quelconque des revendications 1 à 11.

14. Utilisation d'un béton tel que défini selon l'une quelconque des revendications 1 à 11 ou tel que préparé selon le procédé de la revendication 12 pour la réalisation d'éléments préfabriqués tels que des poteaux, poutrelles, poutres, planchers, dallages, d'ouvrages d'art, de pièces précontraintes ou de matériaux composites, de clavages
5 entre éléments de structure, d'éléments de circuit d'assainissement, ou pour des applications architectoniques.